

ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE LYON

Année 1965 — N° 16

LE DÉVELOPPEMENT EMBRYONNAIRE DU CŒUR CHEZ LES ÉQUIDÉS DOMESTIQUES

THÈSE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

et soutenue publiquement le 28 Avril 1965

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR VÉTÉRINAIRE

PAR

Jean-Louis MARTEL

Né le 20 Décembre 1940, à HYÈRES-LES-PALMIERS (83)



LYON

Imprimerie BOSC Frères
42, quai Gailleton, 42

—
1965

LE DEVELOPPEMENT EMBRYONNAIRE DU CŒUR
CHEZ LES EQUIDES DOMESTIQUES



Digitized by the Internet Archive
in 2026

ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE LYON

Année 1965 — N° 16

LE DÉVELOPPEMENT EMBRYONNAIRE DU CŒUR CHEZ LES ÉQUIDÉS DOMESTIQUES

THÈSE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

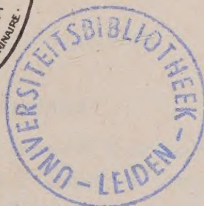
et soutenue publiquement le 28 Avril 1965

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR VÉTÉRINAIRE

PAR

Jean-Louis MARTEL

Né le 20 Décembre 1940, à HYÈRES-LES-PALMIERS (83)



LYON

Imprimerie BOSC Frères
42, quai Gailleton, 42

1965

PERSONNEL ENSEIGNANT DE L'ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE LYON

Directeur	M. FLORIO
Directeur honoraire	M. JUNG
Directeur honoraire	M. TAPERNOUX
Professeur honoraire	M. CUNY

PROFESSEURS

15 chaires

Pharmacie et Toxicologie	MM. TAPERNOUX
Anatomie descriptive, Extérieur, Anatomie appliquée	BARONE
Physiologie, Thérapeutique, Pharmacodynamie	BOST
Histologie, Embryologie, Anatomie pathologique	LUCAM
Hygiène et industrie des aliments d'origine animale	FLACHAT
Zoologie appliquée, Parasitologie externe, Parasitologie interne ..	EUZEBY
Pathologie médicale des équidés et des carnivores. Législation vétérinaire	FLORIO
Pathologie médicale du bétail et des animaux de basse-cour	COTTEREAU
Technique chirurgicale, Pathologie chirurgicale	COLLET
Obstétrique, Pathologie de la Reproduction	BERTRAND
Pathologie générale, Microbiologie, Immunologie	
Ethnologie, Hygiène, Zootechnie, Economie rurale	FROGET
Botanique appliquée, Agronomie, Alimentation	JEAN-BLAIN
Physique et Chimie biologiques et médicales	MAGAT
Maladies contagieuses, Zoonoses, Législation sanitaire	JOUBERT

MAITRES DE CONFERENCES

MM. FERNEY, RUCKEBUSCH, BUSSIERAS

CHEFS DE TRAVAUX

M. OUDAR, Agrégé

MM. CHANTEGRELET, DESCHANEL, JEAN-BLAIN Claude, LAPRAS,
LE NIHOUANNEN, PROY, VAN HAVERBEKE,

ASSISTANTS

Mlles DUFFOUR, GENTILETTI, GONZALES

EXAMINATEURS DE LA THESE

Président : Monsieur le Professeur LATARJET, de la Faculté de Médecine.

Premier Assesseur : Monsieur le Professeur BARONE, de l'Ecole Vétérinaire.

Deuxième Assesseur : Monsieur le Professeur LUCAM, de l'Ecole Vétérinaire.

La Faculté de Médecine et l'Ecole Nationale Vétérinaire déclarent que les opinions émises dans les dissertations qui leur sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elles n'entendent leur donner ni approbation, ni improbation.

A MA MERE

Que ce travail soit l'expression de
toute l'affection et la reconnaissance
que je lui porte.

A MA FIANCEE

A TOUS LES MIENS

A MES AMIS

A Monsieur le Professeur LATARJET
de la Faculté de Médecine de Lyon

Qui nous a fait le grand honneur
de présider le Jury de notre thèse.
Hommage respectueux.

A Monsieur le Professeur BARONE

Qui nous a proposé le sujet de ce travail. Par son exemple et ses conseils, il nous a appris à travailler. Qu'il veuille trouver ici l'expression de toute la gratitude de son élève.

A Monsieur le Professeur LUCAM

Qui a bien voulu accepter de juger notre travail.

Hommage reconnaissant.

A TOUS NOS MAITRES

A Monsieur PETIT

Docteur Vétérinaire

Licencié ès Sciences

Qui nous a ouvert son laboratoire
à l'Institut d'Elevage et de Médecine
Vétérinaire des Pays Tropicaux.

Témoignage de notre reconnais-
sance.

INTRODUCTION

Le développement embryonnaire du cœur des vertébrés a fait l'objet de nombreuses observations. Cependant, chez les mammifères, la gestation rend délicate la récolte d'embryons d'âge bien déterminé. Le problème devient très complexe quand on s'adresse aux équidés. Ceci explique la pauvreté des études embryologiques chez ces animaux. L'histoire du développement du cœur laisse cependant entrevoir la genèse des anomalies cardiaques congénitales tout en nous permettant une meilleure compréhension de l'anatomie de cet organe complexe.

M. le Professeur Barone a pu constituer une collection d'embryons d'équidés : il nous a proposé d'utiliser ce précieux matériel pour étudier la morphogenèse de l'appareil cardiaque.

C'est ainsi, qu'après un rappel des connaissances générales sur la cardiogenèse chez les mammifères, nous présenterons nos observations personnelles.

En essayant de retrouver ce qui a été décrit chez d'autres espèces et en nous appuyant sur les quelques travaux précis réalisés chez les équidés, nous établirons la synthèse des particularités du développement cardiaque chez ces animaux.

CHAPITRE PREMIER

L'ORGANOGENESE DU CŒUR DES MAMMIFERES

A) Mise en place des ébauches de l'appareil vasculaire

L'appareil circulatoire se forme précocement : dès la fin de la seconde semaine suivant l'activation de l'œuf, apparaissent, à la surface de la vésicule ombilicale, des épaissements locaux du mésoblaste extra-embryonnaire. Ils constituent les ébauches fondamentales de l'appareil circulatoire ou îlots de Wolff et Pander.

Les cellules centrales de ces îlots s'isolent pour constituer les premiers éléments figurés du sang.

Les cellules périphériques s'aplatissent et prennent la disposition endothéliale. Par leur bourgeonnement, les îlots de Wolff et Pander s'anastomosent et créent, par la confluence de leurs lacunes, un appareil clos et continu.

Ce réseau de canalicules gagne les tissus intraembryonnaires et l'irrigue. En effet, certaines cellules, les myoblastes, ont la faculté de se contracter : par endroit l'appareil vasculaire présente des contractions péristaltiques. D'emblée fonctionnel, il réalise la première période de circulation vitelline. Cette période, très fugace chez les mammifères placentaires, est remplacée par la circulation placentaire jusqu'à la naissance du jeune.

B) Individualisation du tube cardiaque

Dans la partie postérieure du champ mésobranchial du jeune embryon, deux tubes endothéliaux latéraux

émergent de la splanchnopleure. Ils font saillies dans le coelome appelé à devenir la cavité péricardique à ce niveau.

Simultanément, la gouttière intestinale se ferme. En-dessous de l'intestin primitif ainsi obtenu, les deux tubes endothéliaux s'adosent, puis se fusionnent, pour former un tube cardiaque impair.

Celui-ci est constitué par un endothélium ou endocarde, emboîté dans un manchon mésodermique ou épimyocarde : le tout est relié à la splanchnopleure dont il procède, par le mésocarde dorsal.

C) Modelage et localisation cardiaque

I. — Le rôle de la croissance cellulaire

1) L'ENDOCARDE

Il s'accroît par foyers étagés : cette croissance disharmonique le long du tube, fait apparaître des renflements séparés par des étranglements successifs.

D'arrière en avant, on distingue :

— le sinus veineux, gros vaisseau transversal, réceptacle du système veineux de l'embryon et de ses enveloppes,

— l'orifice du sinus veineux,

— l'oreillette primitive,

— le canal auriculaire,

— le ventricule primitif,

— le détroit de Haller,

— le bulbe artériel qui se prolonge par l'aorte ventrale restée en majeure partie double : elle représente l'origine du système artériel de l'embryon.

2) L'ÉPIMYOCARDE

a) *Autour de l'endocarde*, l'activité de l'épimyocarde est prépondérante. Une prolifération très remarquable engendre une couche intermédiaire de cellules associées en travées grêles et largement espacées. Cette formation spongieuse va se différencier, dans sa moyenne partie, en présentant la striation spécifique du tissu musculaire : c'est le myocarde primitif.

Il faut remarquer, qu'avant même que cette différenciation puisse être mise en évidence par les techniques histologiques ordinaires, le myocarde est actif. Le tube cardiaque s'anime d'ondes péristaltiques. Puis, la réalisation de l'ultra-structure visible au microscope semble conditionner le passage à la contraction de type systolique.

b) *A la périphérie*, l'épimyocarde donne une capsule fibreuse : l'épicarde rattaché au myocarde par du conjonctif. Il représente le feuillet viscéral du péricarde et il se continue par le mésocarde. Comme pour l'endocarde, cette activité cellulaire est disharmonique, mais non contingente. Il s'ensuit :

— Une courbure longitudinale en U du cœur entre deux points relativement fixes : le sinus veineux relié à l'endoblaste digestif, et l'aorte primitive solidaire des arcs branchiaux ;

— Une inflexion simultanée du cœur, reportant la portion ventriculaire à droite et ventralement, la portion auriculaire à gauche et dorsalement.

L'oreillette émet deux évaginations latérales, les auricules, qui entourent le tronc artériel d'arrière en avant.

Le complexe cœur-péricarde prend place dans la partie postérieure du plancher branchial. Après la séparation du coelome extra embryonnaire de la cavité péricardique par la fermeture de la membrana reuniens,

et après la descente du sillon amniotique céphalique vers l'ombilic, le cœur, recouvert par la membrana reuniens, fait saillie à la face ventrale de l'embryon.

Simultanément, la lame prépéricardique qui supporte les arcs aortiques, devient le siège de croissance interstitielle provoquant un recul relatif du cœur et du péricarde : ceci contribue à la formation de l'encolure.

Nous venons de voir comment la croissance cellulaire constitue le facteur essentiel du modelage cardiaque. Ultérieurement l'hémodynamique façonne les parois internes du cœur et des vaisseaux.

II. — Le rôle de l'hémodynamique

Partons du myocarde primitif, de texture spongieuse. C'est un réseau de travées musculaires enveloppées par l'endocarde et formant des mailles lâches, facilement pénétrées par le sang.

Progressivement, les travées s'épaississent et resserrent les cavités intermédiaires : le myocarde tend à devenir compact et irrigué par des vaisseaux particuliers, les vaisseaux propres du cœur.

Contrairement à ce mécanisme d'ensemble, les travées les plus centrales soumises tout particulièrement à l'impulsion sanguine, demeurent en l'état et constituent les piliers du cœur.

Dans les zones orificielles où la circulation du sang est étranglée, ces travées musculaires, enveloppées par l'endocarde, s'amincissent jusqu'à ne laisser qu'un peu de conjonctif dans un manchon endothélial : ce sont des cordages tendineux.

Enfin les valvules proviennent de bourrelets endothéliaux que la circulation du sang a couchés et aplatis. Ces valvules uniquement endothéliales s'insèrent sur des anneaux fibreux noyés dans le myocarde.

D) Concentration du cœur

I. — Absorption du sinus veineux par l'oreillette droite

Dans le mouvement d'inflexion du tube cardiaque que nous avons précédemment étudié, l'orifice du sinus veineux dans l'oreillette primitive passe de la position caudale à la position dorsale.

D'autre part, la prédominance des veines du côté droit entraîne un déplacement du sinus veineux vers la droite.

Lorsque l'oreillette primitive sera divisée en deux, le sinus veineux débouchera entièrement dans l'oreillette droite par un orifice bordé par deux lèvres : les valvules du sinus veineux. L'une est latérale et droite, l'autre est paramédiane et gauche. A la commissure de l'orifice, les deux lèvres se joignent formant une fausse cloison, ou septum spurium, sur le plafond de l'oreillette droite.

Pendant sa croissance, cette oreillette annexe peu à peu le sinus veineux. Bientôt les deux cavités ne se distinguent plus, leurs parois n'étant séparées que par un léger sillon : le sulcus terminalis.

Il en résulte que les vaisseaux qui se jetaient dans le sinus veineux, débouchent directement dans l'oreillette droite. Ainsi chez l'homme, la veine cave supérieure (corne droite du sinus veineux), le sinus coronaire (corne gauche du sinus veineux) et la veine cave inférieure (veine hépatique efférente commune) débouchent séparément dans l'oreillette droite. De même le septum spurium et la valvule gauche du sinus veineux disparaissent. Seule la valvule droite persiste et borde les ouvertures de la veine cave inférieure (valvule d'Eustachi) et du sinus coronaire (valvule de Thebesius).

Chez les équidés, Barone et Malavielle ont montré qu'il n'y avait pas de sinus coronaire : en effet la grande veine cardiaque ou circonflexe se jette dans l'oreillette

sans augmenter de calibre et isolément de la veine cardiaque moyenne, voire de la petite veine de Marshall. De plus, la valvule de Thebesius est rudimentaire ou absente chez les équidés. Ces auteurs en concluent que l'absorption du sinus veineux par l'oreillette droite est poussée au maximum chez les équidés.

II. — Formation des veines pulmonaires

L'oreillette gauche émet des bourgeons vasculaires en direction des poumons. Au fur et à mesure que ces nouvelles veines pénètrent les poumons, l'oreillette absorbe leur embouchure de telle manière que les veines pulmonaires n'ont aucun trajet extra pulmonaire. L'oreillette ne stoppe son processus d'absorption qu'au niveau du parenchyme pulmonaire.

E) Cloisonnement du cœur et spécialisation des arcs aortiques

I. — La formation des cloisons du cœur

La formation des cloisons du cœur des mammifères débute en trois points différents :

1) *L'endocarde de la face supéro-postérieure de l'oreillette primitive* donne naissance à un repli grossièrement médian : le septum primum. Cette cloison interauriculaire se développe de haut en bas jusqu'à intéresser le canal auriculaire ; à ce niveau deux bourrelets endothéliaux opposés se joignent réalisant le septum intermedium.

Entre ces deux lames endothéliales, un orifice réduit subsiste : l'ostium primum. Il devient précocement virtuel, mais simultanément la cloison interauriculaire se perfore d'un ostium secundum.

Une nouvelle ligne de croissance du plafond de l'oreillette droite crée, d'avant en arrière, un septum secundum incomplet. Il limite un orifice inférieur au foramen secundum : le foramen ovale ou trou de Botal.

Comme l'a noté Goubaux « chez les Solipèdes, la disposition du trou de Botal est tout à fait différente de celle qu'on remarque chez les autres animaux domestiques ». C'est un canal interauriculaire dont l'orifice droit correspond au foramen ovale et l'orifice gauche à l'ostium secundum. Sur le bord de l'ostium secundum s'attache un réseau de brides formant un filet en cul-de-sac flottant dans l'oreillette gauche. Avec la croissance du diamètre des brides, les mailles du filet se réduisent. Après la naissance l'occlusion est complète et il reste un vestige de cette formation : la fosse ovale.

2) *Le plancher du ventricule primitif* donne naissance à un épais bourrelet : l'ébauche du septum inferius. Cette épaisse cloison se porte vers le haut et fusionne avec le bord inférieur du septum intermedium.

3) *Enfin le bulbe artériel*, de forme aplatie, présente intérieurement quatre bourrelets longitudinaux à disposition spirale :

- sur les bords, deux bourrelets latéraux mineurs qui concourent à la formation des valvules sigmoïdes,
- sur la face antérieure, un bourrelet majeur qui rejoint le septum inferius du ventricule,
- sur la face postérieure, juxta-auriculaire, un second bourrelet majeur qui gagne le septum intermedium.

Les deux bourrelets majeurs se soudent à l'origine de l'aorte ventrale. La soudure s'étend progressivement vers la portion ventriculaire formant une cloison hélicoïdale : le septum aorticum.

II. — La spécialisation des arcs aortiques

Le cloisonnement du bulbe artériel et de l'origine de l'aorte ventrale va de pair avec la spécialisation des arcs aortiques. C'est pourquoi nous parlerons de ce phénomène étroitement lié à l'organogenèse du cœur.

L'aorte ventrale communique avec l'aorte dorsale par six paires d'arcs aortiques. Classiquement, ces arcs sont numérotés à partir de l'avant :

- *arcs I* : ils sont rudimentaires chez les mammifères où ils ne relient jamais les deux aortes,
- *arcs II* : seul l'arc droit est complet, mais il régresse rapidement.
- *arcs III* ou arcs carotidiens : les plus gros,
- *arcs IV* : seul subsiste l'arc gauche qui représente la crosse de l'aorte,

— *arcs V* : quand le bulbe artériel et l'aorte ventrale sont cloisonnés en deux troncs artériels droit et gauche, un petit vaisseau rudimentaire apparaît entre les arcs IV et VI. Vitums qui l'a étudié chez le cheval, après Tandler chez le rat et l'homme, le considère comme l'arc V. Il est fugace,

- *arcs VI* : seul subsiste l'arc gauche. De son bord postérieur naît une petite artère pulmonaire. La portion de l'arc comprise entre l'émergence de l'artère pulmonaire et de l'aorte dorsale constitue le canal artériel ou ductus arteriosus.

Après la naissance, ce canal artériel s'oblitére et régresse. Il en reste un vestige chez l'adulte : le ligament artériel. Chez le cheval, Goubaux a étudié ce processus d'oblitération parallèlement à l'occlusion du foramen ovale.

CHAPITRE DEUXIEME

MATERIEL ET TECHNIQUE

Nos observations portent sur quinze embryons et fœtus à différentes périodes de la gestation et à terme. Nous caractérisons chaque sujet par trois dimensions mesurées après fixation au formol :

- 1) LONGUEUR DIRECTE VERTEX-COCCYX : c'est la plus grande longueur directe de l'embryon. Elle est sensiblement égale à la distance qui sépare l'éminence apicale de la base de la queue.
- 2) LONGUEUR CIRCONFÉRENTIELLE VERTEX - COCCYX : cette dimension est prise entre les mêmes repères, mais en suivant la courbure dorsale de l'animal.
- 3) LONGUEUR CIRCONFÉRENTIELLE DU BOUT DU NEZ AU BOUT DE LA QUEUE : c'est la distance qui sépare ces deux repères en suivant exactement la courbure dorsale de l'animal.

Ces deux dernières longueurs sont impossibles à déterminer sur les plus petits embryons pour lesquels seule la longueur directe vertex-coccyx a été prise.

Nous ne connaissons pas l'âge exact de nos sujets. Nous donnons cependant l'âge *approximatif* établi à partir des mesures que nous venons de définir et en prenant pour base la thèse de doctorat vétérinaire de Boutelier.

Mais Götze, dans son traité d'obstétrique, signale que la longueur du fœtus n'est pas constante pour un âge donné : il faudrait tenir compte également du poids et surtout des caractères morphologiques pour déterminer l'âge avec plus de rigueur.

Les quatre plus jeunes embryons que nous avons étudiés, ont été débités en coupes histologiques sérieées qui font partie d'une collection conservée au laboratoire d'Anatomie de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon.

A) Liste des embryons et fœtus étudiés

Embryon 1 (référence de collection : J. 5).

Longueur directe vertex-coccyx : 8,8 mm.

Age approximatif : 20 à 25 jours.

Embryon 2 (référence de collection J. 13).

Longueur directe vertex-coccyx : 9,5 mm.

Age approximatif : 4 semaines.

Embryon 3 (référence de collection J. 14).

Longueur directe vertex-coccyx : 12,5 mm.

Age approximatif : 5 semaines.

Embryon 4 (référence de collection J. 7).

Longueur directe vertex-coccyx : 26,2 mm.

Longueur circonférentielle vertex-coccyx : 42 mm.

Longueur circonférentielle - bout du nez - bout de la queue : 64 mm.

Age approximatif : 6 à 7 semaines.

Embryon 5 (mâle, hors collection).

Longueur directe vertex-coccyx : 60 mm.

Longueur circonférentielle vertex-coccyx : 80 mm.

Longueur circonférentielle bout du nez - bout de la queue : 115 mm.

Age approximatif : 9 semaines.

Fœtus 6 (mâle, hors collection).

Longueur directe vertex-coccyx : 70 mm.

Longueur circonférentielle vertex-coccyx : 97 mm.

Longueur circonférentielle bout du nez - bout de la queue : 130 mm.

Age approximatif : 9 à 10 semaines.

Fœtus 7 (mâle, hors collection).

Longueur directe vertex-coccyx : 74 mm.

Longueur circonférentielle vertex-coccyx : 93 mm.

Longueur circonférentielle bout du nez - bout de la queue : 129 mm.

Age approximatif : 9 à 10 semaines.

Fœtus 8 (mâle, hors collection).

Longueur directe vertex-coccyx : 83 mm.

Longueur circonférentielle vertex-coccyx : 103 mm.

Longueur circonférentielle bout du nez - bout de la queue : 147 mm.

Age approximatif : 10 semaines.

Fœtus 9 (mâle, hors collection).

Longueur directe vertex-coccyx : 85 mm.

Longueur circonférentielle vertex-coccyx : 111 mm.

Longueur circonférentielle bout du nez - bout de la queue : 155 mm.

Age approximatif : 10 semaines.

Fœtus 10 (femelle, hors collection).

Longueur directe vertex-coccyx : 95 mm.

Longueur circonférentielle vertex-coccyx : 116 mm.

Longueur circonférentielle bout du nez - bout de la queue : 164 mm.

Age approximatif : 10 à 11 semaines.

Fœtus 11 (hors collection).

Longueur directe vertex-coccyx : 175 mm.

Longueur circonférentielle vertex-coccyx : 190 mm.

Longueur circonférentielle bout du nez - bout de la queue : 280 mm.

Age approximatif : 3 mois.

Fœtus 12 (hors collection).

Longueur directe vertex-coccyx : 200 mm.

Longueur circonférentielle vertex-coccyx : 230 mm.

Longueur circonférentielle bout du nez - bout de la queue : 330 mm.

Age approximatif : 3 à 4 mois.

Fœtus 13 (hors collection, femelle).

Longueur directe vertex-coccyx : 400 mm.

Longueur circonférentielle vertex-coccyx : 490 mm.

Longueur circonférentielle bout du nez - bout de la queue : 680 mm.

Age approximatif : 5 à 6 mois.

Fœtus 14 (hors collection, femelle).

Longueur circonférentielle vertex-coecyx : 525 mm.

Longueur circonférentielle bout du nez - bout de la queue : 740 mm.

Age approximatif : 6 mois.

Observation 15 : cœur de poulain mort-né, présentant une phocomélie antérieure bilatérale.

B) Technique

Après avoir été photographiés, les plus petits embryons furent inclus dans la paraffine et débités en coupes sériées, montées sur lame et colorées par le glychemalun érythro-sine selon les techniques histologiques classiques.

Ces préparations nous ont permis l'étude de l'évolution des structures et de la morphologie du cœur, ainsi que pour certains embryons, l'établissement d'une reconstruction graphique.

Les reconstructions graphiques ont été effectuées à partir des coupes transversales sériées. D'après la photographie des sujets, nous avons dessiné le profil extérieur à un grossissement choisi. En repérant plusieurs points, remarquables à la fois sur les coupes histologiques et sur le dessin, nous avons déterminé l'orientation des plans de coupe. L'ensemble est projeté sur le dessin selon une série de droites parallèles. Sur ces droites, nous avons placé les points extrêmes du cœur de telle sorte qu'en les joignant, nous avons dessiné la projection du profil du cœur.

Pour ce travail, nous disposions d'un microscope muni d'un écran translucide sur lequel les coupes histologiques sont projetées au grossissement désiré.

Pour les fœtus, la trop grande taille des pièces à traiter par les méthodes histologiques et l'apparition de noyaux d'ossification interdisant les coupes totales au microtome, nous avons isolé le cœur.

Certains cœurs furent disséqués sous la loupe binoculaire, d'autres furent débités en coupes macroscopiques parallèles et sériées.

CHAPITRE TROISIEME

OBSERVATIONS

Embryon 1

(Longueur directe vertex-coccyx : 8,8 mm.)

Cet embryon a été débité en coupes séries transversales. Nous avons procédé à une reconstruction graphique de la région cardiaque.

Le cœur est situé en région branchiale, enfermé dans la cavité péricardique : la membrana reuniens est complète. Nous notons l'absence de poumons.

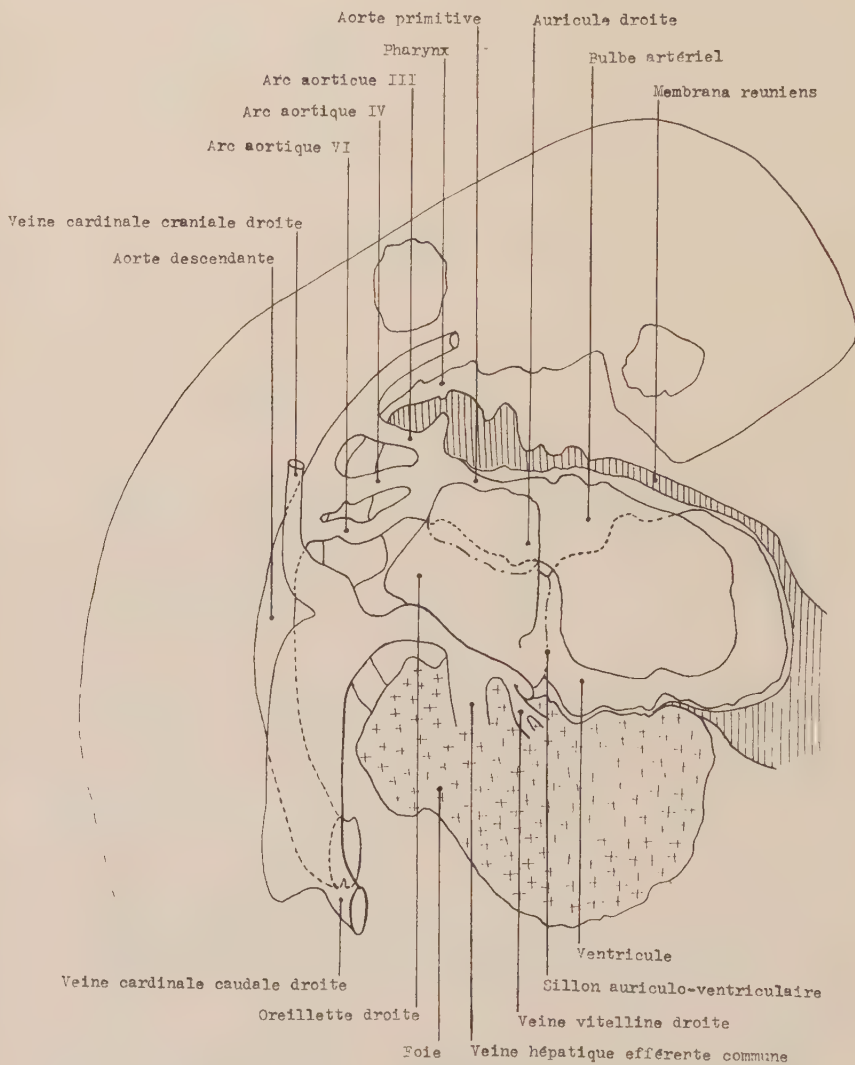
Le tube cardiaque est incurvé en U spiroïde. On reconnaît deux oreillettes placées dorsalement au ventricule unique. La face supéro-postérieure des deux oreillettes est coiffée par le sinus veineux asymétrique :

— La corne gauche du sinus veineux n'est alimentée que par la veine cardinale caudale gauche, par l'intermédiaire du canal de Cuvier gauche grêle.

— La corne droite reçoit les deux veines cardinales droites par l'intermédiaire du canal de Cuvier, plus important que son homologue gauche. Elle reçoit aussi la grosse veine hépatique efférente commune et la petite veine vitelline droite.

Chaque oreillette émet en direction céphalique une auricule. Entre les deux auricules passe le bulbe artériel qui donne naissance à une courte aorte primitive. Ce court vaisseau se divise en trois paires d'arcs aortiques qui se jettent dans l'aorte dorsale.

L'orifice du sinus veineux se trouve sur la paroi postéro-supérieure de l'oreillette droite, immédiatement à droite du septum interauriculaire. Cet orifice est bordé par deux valvules flottant jusqu'au milieu de l'oreillette.



RECONSTRUCTION GRAPHIQUE DE LA REGION CARDIAQUE

D'UN EMBRYON D'EQUIDE DE 8,8 mm

(Vue latérale droite)

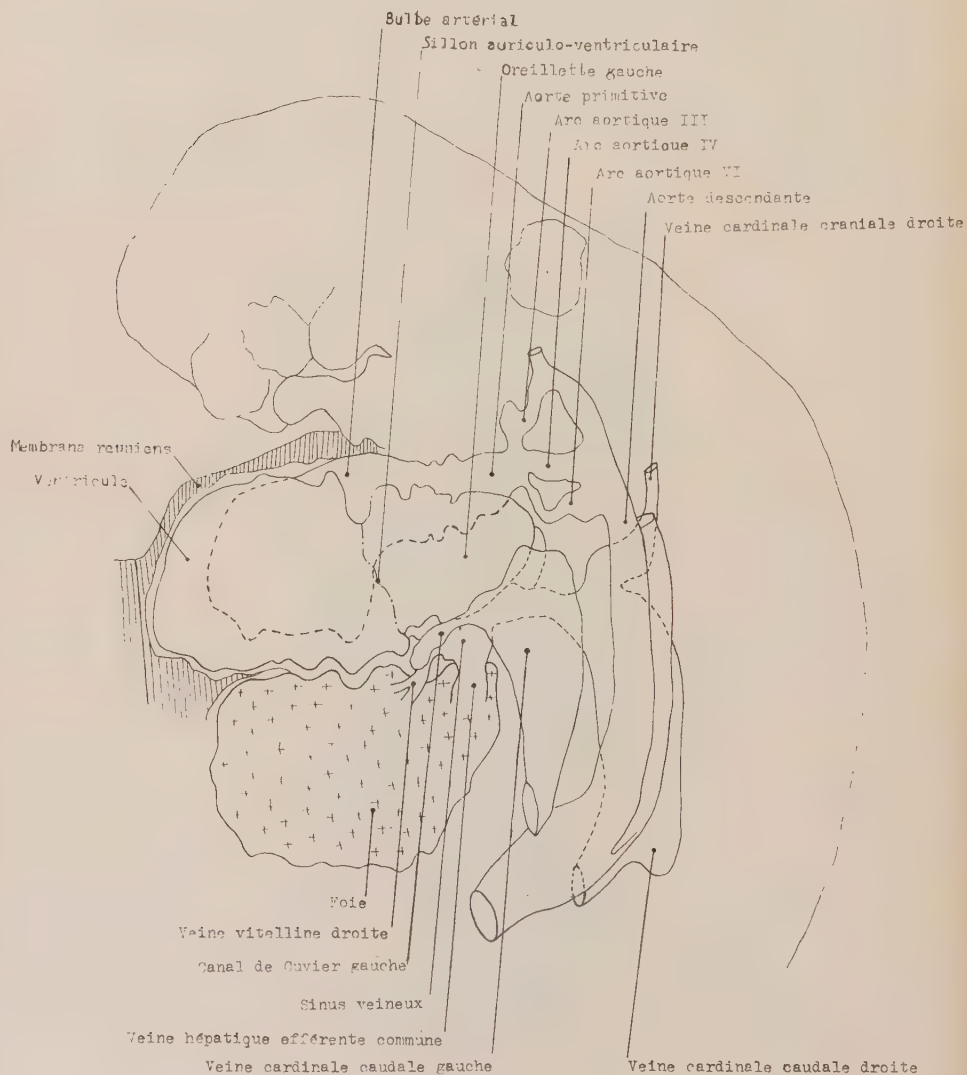
Le septum interauriculaire est très fin : il est réduit, par endroit, à une double couche de cellules endothéliales. Cette cloison est incomplète et les deux oreillettes communiquent entre elles.

Le canal auriculaire est simple : deux lames endothéliales constituent les ébauches des valvules auriculo-ventriculaires. L'endocarde tapisse les cavités cardiaques d'une manière continue.



Coupe transversale d'un embryon d'Equidé de 8,8 mm. (coloration glychémalun-érythrosine : gr 30)

1 : Aorte descendante - 2 : Foie - 3 : Veine hépatique efférente commune - 4 : Sinus veineux - 5 : Valvules du sinus veineux - 6 : Oreillette droite - 7 : Bulbe artériel - 8 : Oreillette gauche - 9 : Septum interauriculaire - 10 : Canal de Cuvier gauche.



RECONSTRUCTION GRAPHIQUE DE LA REGION CARDIAQUE

D'UN EMBRYON D'EQUIDE DE 8,8 mm

(vue latérale gauche)

Le ventricule a une paroi plus épaisse que celle des oreillettes. Ceci est dû au plus grand développement de sa couche myocardique constituée par de nombreuses cellules étoilées à gros noyau, réunies entre elles par des filaments formant un réticulum. Dans les mailles de ce réticulum on peut rencontrer des cellules sanguines embryonnaires, nucléées : le myocarde ne possède pas de vaisseaux propres.

Dans le bulbe artériel, la couche moyenne est plus réduite. Par contre, l'endothélium, constitué par des cellules aplaties, beaucoup plus claires, prolifère et s'organise en quatre bourrelets longitudinaux.



Coupe transversale d'un embryon d'Equidé de 8,8 mm. (coloration glychémalum-érythrosine : gr 30)

1 : Aorte descendante - 2 : Foie - 3 : Valvules auriculo-ventriculaires - 4 : Bulbe artériel - 5 : Auricule.

Embryon 2

(Longueur directe vertex-coccyx : 9,5 mm.)

Cet embryon se trouvait infléchi, lors de l'inclusion dans la paraffine, de telle sorte que le plan de coupe qui est longitudinal dans la région céphalique, devient oblique puis transversal vers la région caudale.



Coupe longitudinale de la région cardiaque d'un embryon d'Equidé de 9,5 mm (coloration : Gly-chémalun-érythrosine ; gr 30)

1 : Arcs aortiques - 2 : Aorte descendante - 3 : Oreillette - 4 : Sinus veineux - 5 : Foie - 6 : Langue - 7 : Valvules sigmoïdes - 8 : Bulbe artériel - 9 : Valvule auriculo-ventriculaire - 10 : Ventricule.

Dans ces conditions, nous n'avons pas réalisé de reconstruction graphique.

Comme dans l'embryon précédent, le cœur est encore en situation post-branchiale. Le tube cardiaque montre encore la forme d'un U qui reçoit le sang d'un énorme sinus veineux asymétrique. Le sang sort du cœur par un bulbe artériel simple.

L'oreillette a une paroi très fine car sa couche moyenne est peu fournie. Les bourrelets endocardiques du canal auriculaire et du bulbe artériel sont façonnés par la circulation : ils ont l'allure de valvules constituées par des cellules associées en faisceaux orientés selon la circulation.

Le myocarde ventriculaire présente de nombreuses lacunes dans lesquelles on trouve des cellules sanguines nucléées.



Coupe transversale d'un embryon d'Equidé de 9,5 mm passant par le canal auriculaire (coloration glychémalun-érythrosine ; gr 120)

- 1 : Cellules sanguines nucléées - 2 : Canal auriculaire - 3 : Endocarde - 4 : Bourrelet endocardique
- 5 : Ventricule - 6 : Sinus veineux.

Embryon 3

(Longueur directe vertex-coccyx : 12,5 mm.)

Cet embryon a été débité en coupes sérieées longitudinales.

Le cœur, enveloppé dans le sac péricardique, se trouve dans le compartiment antérieur de la cavité pleuro-péritonéale, en région post-branchiale.

La circulation suit un trajet en forme de S. Le sinus veineux, asymétrique, reçoit :

- Par sa corne gauche, la veine cardinale antérieure et les petites veines cardiaques individualisées dans les sillons interventriculaires, sous l'épicarde.
- Par sa corne droite, beaucoup plus importante, la veine hépatique efférente commune et les veines cardinales craniale et caudale.

Le sinus veineux se déverse dans l'oreillette droite. L'oreille gauche reçoit les deux veines pulmonaires par un tronc commun paramédian.

Le ventricule qui présente deux sillons extérieurement, se continue par un tronc artériel double :

- Le tronc droit contourne en avant le tronc gauche et se jette dans l'aorte dorsale par le dernier arc aortique gauche. Du bord postérieur de cet arc naît une artère pulmonaire qui se divise en deux vaisseaux pour irriguer les deux poumons.
- Le tronc gauche se continue par deux paires d'arcs artériels plus antérieurs.

L'orifice du sinus veineux se trouve sur le plafond de l'oreillette droite, bordé par deux valvules grêles.

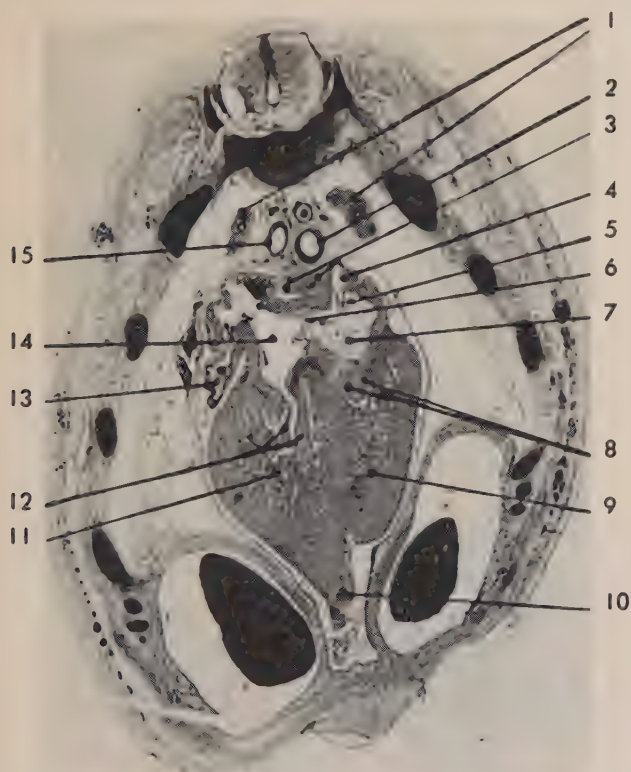
Les deux oreillettes communiquent entre elles par l'ostium secundum. Elles débouchent dans le ventricule par le canal auriculaire qui est double. Les parois de chaque canal auriculo-ventriculaire présentent d'énormes bourrelets, les ébauches des valvules auriculo-ventriculaires.

Le ventricule est simple, mais sur son plancher le septum inferius prend forme. Le bulbe artériel est double : la paroi de chaque tronc artériel se plisse en bourrelets longitudinaux, les ébauches des valvules sigmoïdes.

Embryon 4

(Longueur directe vertex-coccyx : 26,2 mm.)

Cet embryon a été débité en coupes sériees transversales ; nous avons pu réaliser une reconstruction graphique de la région cardiaque.



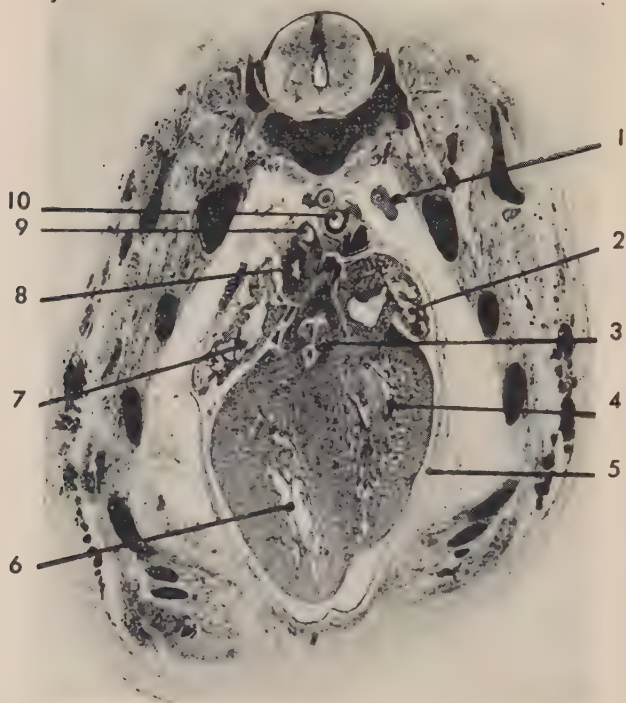
Coupe transversale d'un embryon d'Equidé de 26,2 mm (coloration : glychémalun-érythrosine ; gr 10)

1 : Poumons - 2 : Trachée - 3 : Artères pulmonaires - 4 : Sinus veineux - 5 : Valvules du Sinus veineux - 6 : Foramen interauriculaire - 7 : Oreillette droite - 8 : Valvules auriculo-ventriculaires - 9 : Ventricule droit - 10 : Pointe du cœur - 11 : Ventricule gauche - 12 : Valvules auriculo-ventriculaires - 13 : Auricule gauche - 14 : Oreillette gauche - 15 : Aorte.

L'embryon a une encolure marquée et le cœur est aussi distant de la base de la tête que de l'ombilic. Entre les deux poumons, on distingue très bien le péricarde et la cavité péricardique.

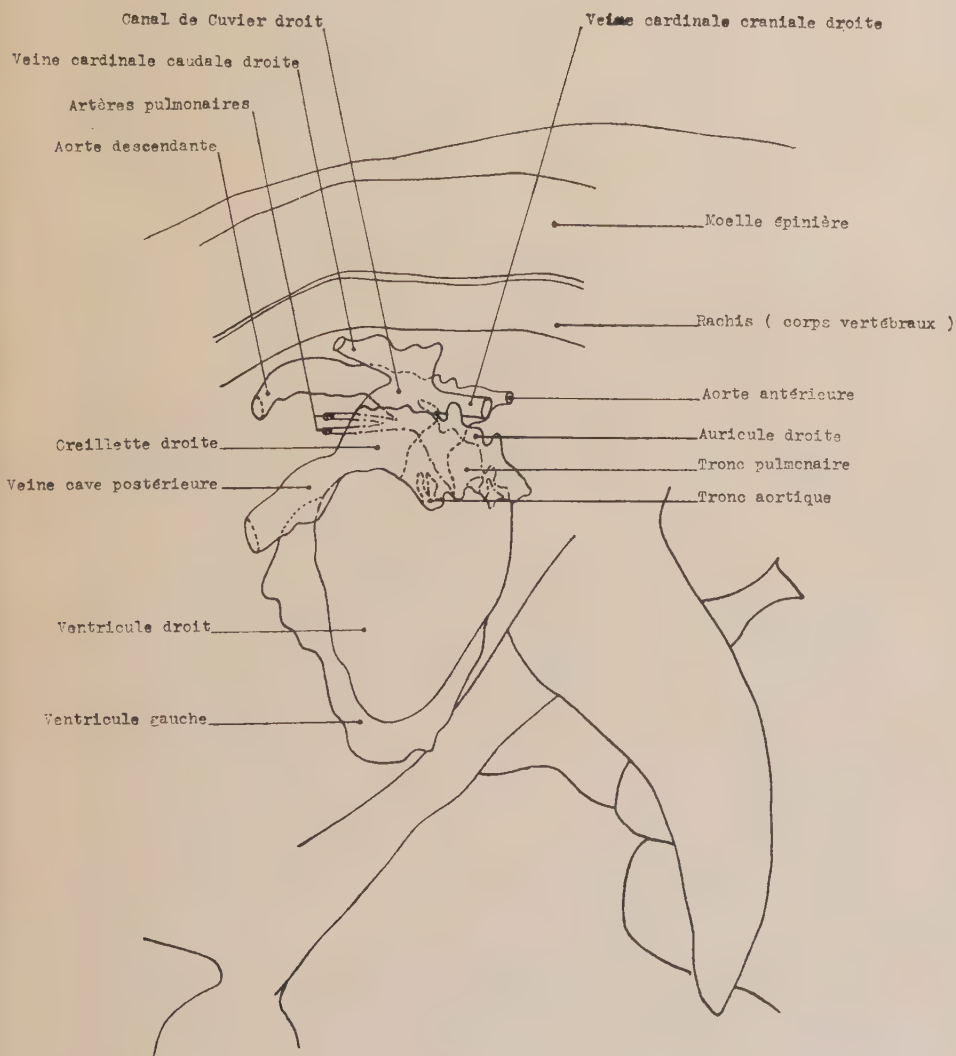
La forme générale du cœur rappelle celle du cœur de l'adulte avec quatre cavités bien distinctes :

1° Deux oreillettes prolongées vers l'avant par une auricule chacune.



Coupe transversale d'un embryon d'Equidé de 26,2 mm (coloration : glychémalun-érythrosine ; gr 10)

1 : Poumon - 2 : Auricule droite - 3 : Valvules sigmoïdes pulmonaires - 4 : Ventricule droit - 5 : Péricarde - 6 : Ventricule gauche - 7 : Auricule gauche - 8 : Ductus Arteriosus - 9 : Aorte - 10 : Trachée.



RECONSTRUCTION GRAPHIQUE DE LA REGION CARDIAQUE
 D'UN EMBRYON D'EQUIDE DE 26,2 mm
 (Vue latérale gauche)

La paroi des auricules est beaucoup plus plissée que celle des oreillettes.

a) L'oreillette droite présente, sur son plafond, l'orifice du sinus veineux bordé par deux valvules qui se soudent aux commissures antérieure et postérieure pour constituer le septum spurium.

Immédiatement en-dessous et à gauche de l'orifice du sinus veineux se trouve l'embouchure du canal interauriculaire. Cette embouchure est circonscrite par un léger anneau charnu en relief. Le fond du canal s'ouvre, par le trou de Botal, dans l'oreillette gauche.

b) L'oreillette gauche est divisée en deux fosses veineuses droite et gauche, par un bourrelet charnu. La fosse veineuse gauche est beaucoup plus importante que la fosse veineuse droite.

2° On passe dans les ventricules par deux orifices auriculo-ventriculaires bordés par d'épaisses valvules.

Les parois ventriculaires sont très épaisses en raison de la densité de la masse myocardique irriguée par des vaisseaux sanguins propres.

a) Le ventricule droit est antérieur par rapport au ventricule gauche.

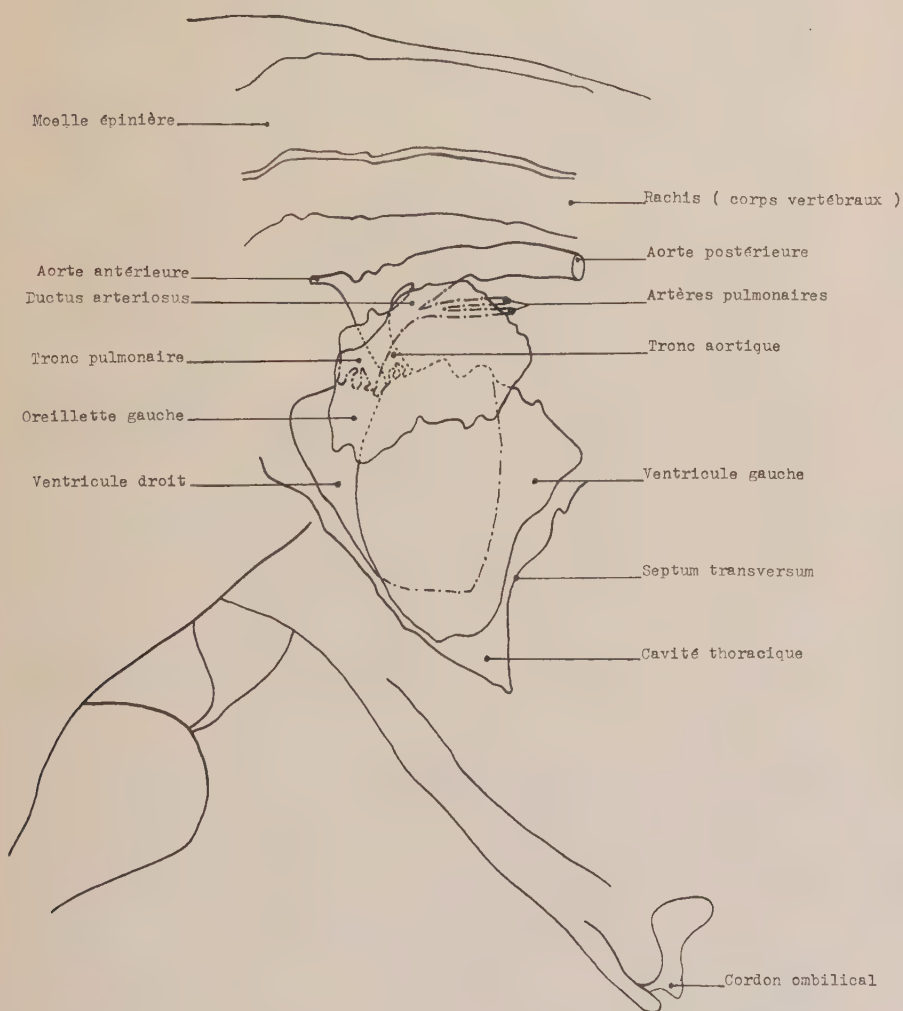
b) Le ventricule gauche a une paroi plus puissante ; son extrémité inférieure constitue, à elle seule, la pointe du cœur.

3° Contre le septum interventriculaire, entre les valvules auriculo-ventriculaires et la paroi antérieure de chaque ventricule, un infundibulum marque l'origine des troncs artériels :

a) A gauche l'infundibulum aortique.

b) A droite l'infundibulum pulmonaire : le plus antérieur.

Les deux orifices artériels sont équipés par trois valvules sigmoïdes épaisses.



RECONSTRUCTION GRAPHIQUE DE LA REGION CARDIAQUE

D'UN EMBRYON D'EQUIDE DE 26 , 2 mm

(Vue latérale droite)

Fœtus 5

(Longueur directe vertex-coccyx : 60 mm.)

Les principales dimensions du cœur sont les suivantes :

— Le grand axe, mesuré de la base au sommet de l'organe, est long de 9,1 mm.

— Le diamètre antéro-postérieur est de 7,5 mm au niveau de la base.

— Le diamètre transversal de 5,2 mm.

— La circonférence, mesurée au niveau du sillon auriculo-ventriculaire, est de 21,5 mm.

Complètement enveloppé par le sac péricardique, le cœur est situé entre les deux poumons auxquels il est étroitement uni. Ces deux organes lui ménagent une fosse cardiaque.

La pointe du cœur, rejetée postérieurement, arrive au voisinage du sternum. Sa base est séparée du rachis par les gros vaisseaux, l'œsophage, la trachée et la zone d'adhérence entre les deux poumons. Les principales dispositions topographiques de l'adulte sont donc réalisées.

Le cœur est conoïde, aplati transversalement comme le thorax du fœtus. Il présente nettement deux faces, droite et gauche ; deux bords, antérieur et postérieur ; une base supérieure et une pointe inféro-postérieure.

Un sillon transversal circulaire, ou sillon auriculo-ventriculaire, le divise en deux masses inégales :

1) Une importante masse ventriculaire inférieure, constituée par deux ventricules, délimités par deux sillons inter-ventriculaires droit et gauche.

La pointe du cœur est formée uniquement par la pointe du ventricule gauche qui est postérieur par rapport au ventricule droit.

2) Une masse supérieure de constitution plus complexe :

a) Sur la face droite les veines se jettent dans un réceptacle à paroi lisse et fine : le sinus veineux.

En avant du sinus veineux s'étend l'oreillette droite à paroi ridée.

En arrière, l'oreillette gauche s'accole étroitement aux poumons.

b) Sur la face gauche le sillon auriculo-ventriculaire est interrompu par l'origine de deux troncs artériels : le tronc antérieur ou pulmonaire qui se jette dans le tronc postérieur ou aortique par l'intermédiaire du canal artériel. Il émet depuis son bord postérieur, et en direction de la masse pulmonaire, deux petites artères pulmonaires.

Nous avons pratiqué, au rasoir, des coupes transversales macroscopiques de ce cœur. La conformation interne de cet organe se révèle analogue à celle du cœur précédent.

Sur le plafond de l'oreillette gauche, et immédiatement en arrière du canal interauriculaire, débouchent les trois veines pulmonaires.

Le sinus veineux reçoit la veine cave postérieure, la veine grande cardiaque et la veine cardiaque moyenne. Il communique avec l'oreillette droite par l'orifice du sinus veineux.

Le foramen ovale est bordé par une très fine membrane qui flotte dans l'oreillette gauche, formant une valvule cylindrique : la valvule du foramen ovale.

Fœtus 6

(Longueur directe vertex - coccyx : 70 mm)

Nous avons mesuré les mêmes dimensions que celles choisies pour le cœur du fœtus précédent :

- Le grand axe est long de 9,4 mm.
- Le diamètre antéro-postérieur de 7,7 mm.
- Le diamètre transversal de 5,3 mm.
- La circonférence de 23 mm.

La situation et la conformation extérieure et intérieure de ce cœur sont comparables à ce que l'on a observé chez le fœtus précédent.

Au niveau des grands sillons du cœur, la couche conjonctive située sous l'épicarde s'épaissit considérablement et constitue un abondant tissu d'emballage pour les vaisseaux cardiaques.

Fœtus 7

(Longueur directe vertex - coccyx : 74 mm)

Les dimensions du cœur sont :

- Le grand axe : 9,4 mm.
- Le diamètre antéro-postérieur : 7,5 mm.
- Le diamètre transversal : 5,5.
- La circonférence : 22 mm.

Nous avons désinséré les oreillettes de la masse ventriculaire ce qui nous a permis d'avoir une vue générale sur la conformation interne des oreillettes.

Il existe une large communication infundibuliforme entre les deux oreillettes. Au niveau de la terminaison de la veine cave postérieure, et sur son bord interne, une crête marque l'entrée du canal interauriculaire : c'est l'anneau de Vieussens ou limbe du foramen ovale. A son autre extrémité, dans l'oreillette gauche, le foramen ovale présente une valvule en cul-de-sac, criblée de trous : c'est la valvule du foramen ovale.

L'oreillette droite occupe une position antérieure par rapport à l'oreillette gauche. Elle présente un cul-de-sac antérieur qui entoure les troncs artériels et se recourbe à gauche : c'est l'auricule droite.

La paroi externe présente trois orifices veineux : celui de la veine cave postérieure, et les deux petites embouchures des veines cardiaques circonflexe et moyenne groupées au fond d'une petite dépression de la partie sinusale de l'oreillette droite.

La paroi supérieure reçoit la veine cave antérieure. En arrière la crête interveineuse borde son orifice et le sépare de celui de la veine cave postérieure. En avant, un relief charnu semi-circulaire, la crête terminale, ourle l'orifice de la veine antérieure marquant une séparation entre l'oreillette proprement dite et la portion sinusale qui reçoit les veines de la grande circulation.

Inférieurement l'oreillette droite s'ouvre dans le ventricule droit par l'orifice auriculo-ventriculaire et la valvule tricuspide.

L'oreillette gauche est entièrement postérieure. Elle coiffe le ventricule gauche avec lequel elle communique par l'orifice auriculo-ventriculaire et la valvule mitrale. Sa paroi antérieure répond au foramen ovale. Le reste constitue un dôme subdivisé en deux par un fort relief charnu. Dans chacun des deux territoires débouchent les veines pulmonaires par des orifices béants.

La masse ventriculaire a été sectionnée selon des plans parallèles à celui des oreillettes. Les coupes montrent au niveau des orifices auriculo-ventriculaires, au sein du septum interventriculaire, des arcs fibreux blanchâtres : ils constituent la partie auriculo-ventriculaire du « squelette cardiaque » : ce sont les futurs cercles tendineux de Lower.

Fœtus 8

(Longueur directe vertex - coccyx : 83 mm)

Les principales dimensions du cœur sont les suivantes :

- Le grand axe : 10,4 mm.
- Le diamètre antéro-postérieur : 8,4 mm.
- Le diamètre transversal : 6,3 mm.
- La circonférence : 23,3 mm.

La conformation du cœur de ce fœtus est tout à fait comparable à celle observée chez les trois fœtus précédents. Seules les dimensions varient, parallèlement à la taille des fœtus.

Fœtus 9

(Longueur directe vertex - coccyx : 85 mm)

Les principales dimensions du cœur sont les suivantes :

- Le grand axe : 10,6 mm.
- Le diamètre antéro-postérieur : 8,4 mm.
- Le diamètre transversal : 6,1 mm.
- La circonférence : 24,8 mm.

Le cœur de ce fœtus est situé dans la loge cardiaque aménagée entre les deux poumons depuis le niveau de la troisième côte jusqu'à celui de la sixième côte.

Nous l'avons débité en coupes macroscopiques transversales, de telle manière que l'étude des vaisseaux du cœur soit la plus aisée possible.

La première section, tangentielle à l'aorte primitive, intéresse l'origine de l'artère coronaire droite en avant de l'aorte primitive. Cette même artère coronaire droite se trouve aussi sectionnée au niveau du sillon auriculo-ventriculaire à droite.

A gauche, la section passe au niveau du sillon interventriculaire. Nous y trouvons une branche de l'artère coronaire gauche : l'artère interventriculaire gauche. Les coupes suivantes nous montrent deux orifices veineux groupés au fond d'une petite fosse (vestige du sinus coronaire) en avant de la veine cave postérieure : la terminaison de la veine grande cardiaque et, à sa droite, la terminaison de la veine cardiaque moyenne.

Les veines pulmonaires se jettent dans l'oreillette gauche selon deux groupes :

— Un groupe antérieur de deux veines, immédiatement en arrière et au-dessus du canal interauriculaire.

— Un énorme tronc veineux postérieur.

Fœtus 10

(Longueur directe vertex - coccyx : 95 mm)

Les dimensions du cœur sont :

— Le grand axe : 12,8 mm.

— Le diamètre antéro-postérieur : 10,5 mm.

— Le diamètre transversal : 8,3 mm.

— La circonférence : 28,4 mm.

Aucun point nouveau n'est à signaler par rapport aux dispositions décrites précédemment.

Fœtus 11

(Longueur directe vertex - coccyx : 175 mm)

Les dimensions du cœur sont :

- Le grand axe : 23 mm.
- Le diamètre antéro-postérieur : 16,5 mm.
- Le diamètre transversal : 14 mm.
- La circonférence : 48 mm.

Ce fœtus a été débité en coupes transversales verticales. Nous avons pu particulièrement bien étudier les terminaisons des veines pulmonaires dans l'oreillette gauche :

— Les veines du poumon gauche se terminent par un énorme tronc commun sur la partie supéro-postérieure de l'oreillette.

— Les veines du poumon droit se terminent par deux vaisseaux qui débouchent immédiatement au-dessus du foramen ovale.

Le conjonctif des sillons du cœur est très lâche et contraste avec le myocarde compact.

Fœtus 12

(Longueur directe vertex - coccyx : 200 mm)

Les dimensions du cœur sont :

- Le grand axe : 29 mm.
- Le diamètre antéro-postérieur : 22,5 mm.
- Le diamètre transversal : 16,5 mm.
- La circonférence : 60 mm.

Ces dimensions sont de un cinquième supérieures à celles du fœtus du mois précédent. Cette augmentation de taille semble moindre pour le canal artériel qui est plus étroit que l'origine du tronc pulmonaire.

Les veines pulmonaires aboutissent à l'oreillette gauche selon deux groupes :

— Un groupe antérieur et droit de trois veines issues du poumon droit.

Ces trois vaisseaux s'ouvrent sur le plafond de l'oreillette gauche au-dessus du canal interauriculaire.

— Un groupe postérieur constitué par une grosse veine caudale à gauche de laquelle se terminent trois veines provenant du poumon gauche.

Fœtus 13

(Longueur directe vertex - coccyx : 400 mm)

Les dimensions du cœur sont :

— Le grand axe : 54 mm.

— Le diamètre transversal : 30 mm.

— Le diamètre antéro-postérieur : 44 mm.

— La circonférence : 120 mm.

La taille de ce cœur est le double de celle du cœur du fœtus 12, plus jeune de un mois.

Le conjonctif des gros sillons du cœur se charge de graisse.

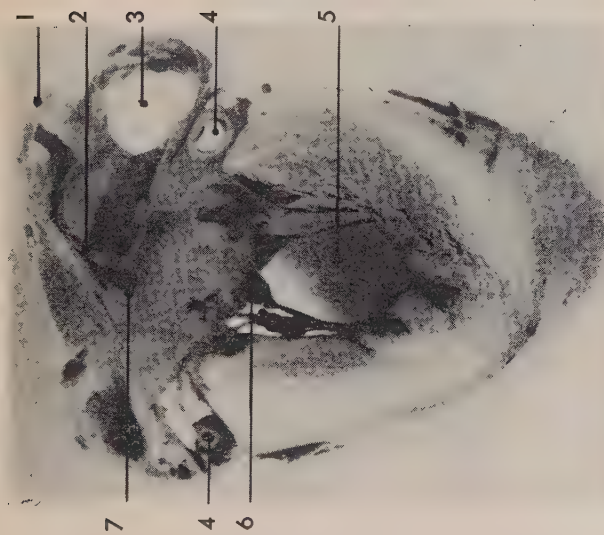
Les veines pulmonaires se jettent dans l'oreillette gauche selon deux groupes, comme chez le fœtus précédent :

— Un groupe droit, formé par trois veines qui s'ouvrent au-dessus du canal interauriculaire.

— Un groupe postérieur de trois veines : une est énorme et située à droite des deux autres.

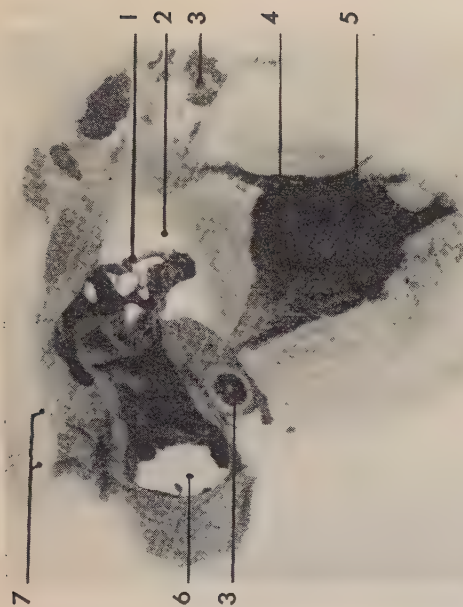
Les veines cardiaques se terminent isolément en avant de la veine cave postérieure dont elles sont séparées par une petite crête.

Un léger sillon extérieur, le sulcus terminalis, marque le vestige du sinus veineux.



*Coupe transversale du Cœur d'un Fœtus d'Equidé
de 400 mm (vue postérieure)*

1 : Veines pulmonaires - 2 : Valvule du trou de Botall - 3 : Veine cave postérieure - 4 : Grande veine cardiaque - 5 : Ventricule gauche - 6 : Valvule auriculo-ventriculaire - 7 : Oreillette gauche.



*Coupe transversale du Cœur d'un Fœtus d'Equidé
de 400 mm (vue antérieure)*

1 : Valvule du Trou de Botall - 2 : Oreillette gauche - 3 : Grande Veine cardiaque - 4 : Valvule auriculo - ventriculaire - 5 : Ventricule gauche - 6 : Veine cave postérieure - 7 : Veine pulmonaire

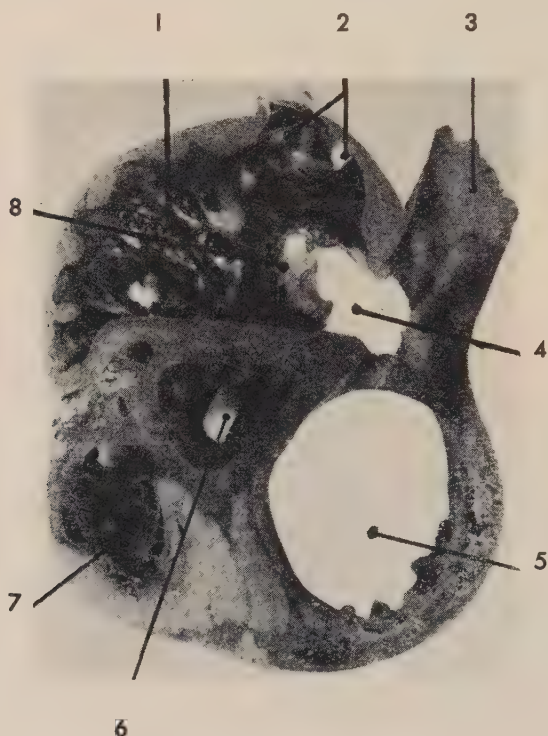
Fœtus 14

(Longueur circonférentielle vertex - coccyx : 525 mm)

Les dimensions du cœur sont :

- Le grand axe : 59 mm.
- Le diamètre antéro-postérieur : 48 mm.
- Le diamètre transversal : 38 mm.
- La circonférence : 140 mm.

La disposition générale de ce cœur ressemble à celle du cœur précédent. Nous l'avons coupé selon des plans parallèles à sa base.



*Coupe frontale du cœur d'un Equidé de 525 mm
(vue inférieure)*

- 1 : Oreillette gauche - 2 : Veines pulmonaires -
3 : Veine cave postérieure - 4 : Trou de Botal -
5 : Oreillette droite - 6 : Tronc aortique - 7 : Tronc
pulmonaire - 8 : Valvule du trou de Botal

Ceci nous permet de voir sur la même pièce, l'ensemble des orifices des veines pulmonaires sur le plafond de l'oreillette gauche. Ces orifices sont groupés dans le tiers droit de l'oreillette, au-dessus du foramen ovale :

- Deux veines antérieures droites.
- Une grosse veine caudale.
- Trois veines postérieures gauches.

Dans l'oreillette droite aboutit la grosse veine cave postérieure. En dessous de son orifice béant, débouche la veine cardiaque moyenne, au-dessus et à gauche se termine la veine grande cardiaque.

En avant et sur le plafond de l'oreillette droite débouche la grosse veine cave antérieure qui reçoit la veine azygos.

Les deux troncs artériels communiquent par le canal artériel dont le calibre diminue notablement après l'émergence des veines pulmonaires.

Observation 15

(Poulain mort-né)

Ce sujet a été confié, mort, au laboratoire d'Anatomie de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon, en raison d'une phocomélie antérieure bilatérale.

A l'ouverture du thorax, nous remarquons que les poumons présentent les caractéristiques du poumon fœtal : l'animal n'a pas respiré.

Le canal artériel est parfaitement perméable bien que son calibre soit notablement inférieur à celui du tronc pulmonaire.

En incisant longitudinalement la veine cave postérieure, puis en ouvrant l'oreillette droite jusqu'à la veine cave antérieure, elle-même ouverte longitudinalement, on peut étudier la conformation interne de l'oreillette droite et tout particulièrement du foramen ovale. C'est un canal oblique d'arrière en avant et de droite à gauche. Il présente un large orifice dans l'oreillette droite. Par contre son extrémité gauche est obturée par une valvule très mince, translucide et criblée de trous dans sa partie antérieure : c'est la valvule du foramen ovale.



Cœur de poulain mort-né (Oreillette droite ouverte)

- 1 : Veine cave antérieure - 2 : Oreillette droite -
 3 : Ventricule droit - 4 : Ventricule gauche ;
 5 : Valvule du Foramen ovale - 6 : Veine cave
 postérieure - 7 : Aorte descendante

CHAPITRE QUATRIEME

SYNTHESE

Les observations qui précèdent permettent de retrouver, chez les Equidés, les grandes lignes de la morphogenèse du cœur des autres Mammifères. Tout en suivant dans le temps l'évolution du cœur, nous pouvons tirer de notre étude les particularités que cet organe présente chez les Equidés.

I. — Les caractères généraux du cœur

Notons tout d'abord, la rapidité d'apparition des dispositions caractéristiques. Dès les plus petits stades étudiés (8,8 mm) la circulation, de type placentaire, est asymétrique : la corne droite du sinus veineux reçoit la majeure partie du sang.

La circulation est double mais incomplète : la séparation débute dans l'oreillette. Dans ce très jeune embryon, le cœur, incurvé en U, possède la disposition générale décrite maintes fois dans d'autres Mammifères.

La structure cardiaque reste cependant de type embryonnaire : les cellules sont grosses, leur noyau est volumineux. La spécialisation histologique n'est pas encore révélée et le myocarde se nourrit par imbibition : il ne possède pas encore de vaisseaux propres.

L'irrigation systématisée du cœur apparaît au stade 12,5 mm, corrélativement à la densification du myocarde. Le bulbe artériel est cloisonné et le ventricule commence à se diviser.

Au stade 26,2 mm le cœur possède quatre cavités, mais de larges communications persistent au niveau des oreillettes par le foramen ovale, et, au niveau des arcs aortiques par le canal artériel.

Cette disposition se maintiendra jusqu'à la période post-natale.

II. — L'évolution du sinus veineux

Le sinus veineux perd de plus en plus de son importance. Au stade 70 mm, la grande circulation aboutit directement dans l'oreillette droite : les orifices de la veine cave postérieure, de la veine cave antérieure et du sinus coronaire sont béants et dépourvus de valvules. Le sinus veineux s'intègre dans l'oreillette droite et en constitue la partie sinusale.

Au stade 74 mm l'absorption des terminaisons veineuses intéresse à son tour le sinus coronaire. Les veines du cœur se terminent par deux orifices situés dans une petite dépression de la partie sinusale de l'oreillette droite : le sinus coronaire est vestigial et la veine grande cardiaque se jette directement dans l'oreillette, isolément de la veine cardiaque moyenne.

III. — L'évolution des veines pulmonaires

Les veines pulmonaires, apparues au stade 12,5 mm, subissent ce même processus d'absorption par l'oreillette gauche. Elles se jettent tout d'abord dans l'oreillette gauche par l'intermédiaire d'un seul tronc collecteur.

Précocément, ce vaisseau se raccourcit et la masse pulmonaire s'accole étroitement à l'oreillette : il en résulte que les veines pulmonaires s'ouvrent directement dans l'oreillette gauche :

Au stade 60 mm, on peut voir trois orifices veineux pulmonaires dans la partie droit de l'oreillette gauche :

- Deux orifices recevant le sang des lobes antérieurs (lobes céphalique et cardiaque) du poumon droit.
- Un orifice collectant le sang du poumon gauche et du lobe caudal droit.

A partir du stade 85 mm, les ouvertures des veines pulmonaires ont tendance à se rassembler en deux groupes correspondant à la division interne de l'oreillette gauche en deux fosses veineuses :

- Une fosse veineuse antérieure et droite qui reçoit le sang des lobes antérieurs du poumon droit par deux orifices veineux situés au-dessus et en arrière du canal interauriculaire.
- Une fosse veineuse postérieure et gauche, beaucoup plus importante, ne présentant qu'un seul orifice.

Au stade 200 mm la fosse veineuse antérieure présente trois orifices veineux. La fosse veineuse postérieure reçoit une grosse veine caudale à gauche de laquelle aboutissent trois veines issues du poumon gauche.

IV. — Le foramen ovale

Au stade 60 mm, nous observons aussi une autre particularité du cœur fœtal des équidés que Goubaux avait déjà signalée sur des sujets plus évolués. Le foramen ovale, de forme tubulaire, constitue un canal interauriculaire oblique d'arrière en avant et de droite à gauche. Au bord de son ouverture dans l'oreillette gauche, se trouve attaché un repli membraneux percé de nombreux trous : la valvule du foramen ovale.

V. — L'évolution générale au cours de la vie intra-utérine

Vers la dixième semaine de gestation la morphologie du cœur du fœtus est analogue à celle du nouveau-né.

Vers le quatrième mois le cœur augmente considérablement de volume. En un mois il double sa taille (du stade 200 mm au stade 400 mm) et le conjonctif des gros sillons cardiaques se charge de graisse.

VI. — L'évolution post-natale

A la naissance la morphogénèse cardiaque reprend. La fermeture du foramen ovale, parallèle à l'occlusion du canal artériel, est un phénomène post-natal : Ottaway l'a observé sur un poulain de quinze jours.

Au moment de la première inspiration le sang afflue dans les poumons : la petite circulation prend une importance égale à la grande circulation. La pression du sang est équilibrée entre les deux oreillettes de telle manière qu'aucun fluide ne passe d'une oreillette à l'autre : l'occlusion fonctionnelle du foramen ovale est réalisée.

L'occlusion anatomique est plus tardive : Goubaux l'a observé sur le cœur d'une pouliche âgée de deux mois et neuf jours : elle résulte de l'augmentation du diamètre des brides qui constituent la partie antérieure de la valvule du foramen ovale, créant ainsi un fin septum interauriculaire au fond de la fosse ovale.

CONCLUSIONS

Nous avons tenté de reconstituer l'évolution morphologique du cœur des Equidés par l'étude de quinze embryons ou fœtus, du stade 8,8 mm à la naissance.

— Sur l'embryon de 8,8 mm la morphogenèse cardiaque est déjà commencée : l'oreillette est cloisonnée et la circulation est asymétrique : la corne droite du sinus veineux reçoit la majeure partie du sang. Mais le cœur ne possède pas encore de vaisseaux propres, les structures histologiques sont de type embryonnaire et le myocarde se nourrit par imbibition.

— L'irrigation systématisée du cœur apparaît au stade 12,5 mm. A ce même stade les veines pulmonaires sont développées.

— Le cœur présente quatre cavités au stade 26, 2 mm, mais la double circulation reste incomplète.

— Au stade 60 mm le canal interauriculaire du cœur présente les particularités signalées par Goubaux chez des sujets beaucoup plus âgés.

— L'oreillette droite commence à absorber le sinus veineux au stade 74 mm ; puis l'absorption du sinus coronaire a également lieu.

Les principales caractéristiques anatomiques du cœur à ce stade persistent jusqu'à la naissance.

— A la naissance, l'importance que prend la petite circulation entraîne la fermeture fonctionnelle du foramen ovale et du canal artériel. L'occlusion anatomique, plus tardive, a été observée par Goubaux sur une pouliche âgée de deux mois et neuf jours.

Vu : LE PROFESSEUR RESPONSABLE
DE L'ECOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE,
BARONE

Vu : LE DIRECTEUR
DE L'ECOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE,
FLORIO

Vu :
J.-F. CIER

Vu :
LE PRÉSIDENT DE LA THÈSE,
LATARJET
PROFESSEUR
DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE,

Vu et permis d'imprimer : Lyon, le 24 Mars 1965.

LE RECTEUR, PRÉSIDENT DU CONSEIL DE L'UNIVERSITÉ
P. LOUIS.

BIBLIOGRAPHIE

- AMOROSO (E.-C.), BARCLAY (A.-E.), FRANKLIN (K.-J.) and PRICHARD (M.-M.-L.). — The bifurcation of the posterior caval channel in the eutherian foetal heart. *Journ. of Anat.*, 1942, 76, 240.
- BARONE (R.). — *Anatomie des Equidés domestiques*, tome II, fascicule 2 : appareil respiratoire (1955) ; tome II, fascicule 4 : appareil circulatoire (1957), Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon.
- BARONE (R.). — Arbre bronchique et vaisseaux sanguins des poumons chez les Equidés domestiques. *Rec. Méd. Vét.* 1953, 79, 545.
- BARONE (R.) et MALAVIEILLE (R.). — Les vaisseaux du cœur des Equidés. *Rec. Méd. Vét.* 1951, 77, 513.
- BARONE (R.) et MALAVIEILLE (R.). — Les veines du cœur chez les mammifères domestiques. *Bull. Ass. Anat.* 1957, 94, 199.
- BELLE (G.-L.). — Recherches sur la croissance de quelques mammifères. *Th. Méd. Vét. Lyon*, 1930.
- BLOOM (W.) and FAWCETT (Don W.). — *A Textbook of histology* 8^e édition, Philadelphia, London, Saunders, 1948.
- BOUTELIER (C.). — Recherches sur le Développement de l'encéphale chez les Equidés. *Th. Méd. Vét. Lyon*, 1957.
- BRACHET (A.). — *Traité d'embryologie des vertébrés*, nouvelle édition revue par DALCQ (A.) et GÉRARD (P.), Paris, Masson, 1935.
- BRANCA (A.). — *Précis d'embryologie*, Paris, Baillière et Fils 1922.
- CHAUVEAU (A.). — *Traité d'anatomie comparée des animaux domestiques*, 3^e édition avec la collaboration de ARLOING (S.), Paris, Baillière, 1879.
- CHEVREMONT (P.). — *Notions de cytologie et histologie*, 1^{re} édition, Liège, Desoer, réimpression 1960,

- COSTA (Da A.-C.). — *Eléments d'embryologie*, Paris, Masson, 1948.
- CUROT (Ed.). — *Galopeurs et trotteurs*, Paris, Vigot Frères, 1925.
- DALCQ (A.) et PASTEELS (J.). — Le développement des vertébrés ; in *Traité de zoologie*, publié sous la direction de GRASSE (P.-P.), tome XII, Paris, Masson, 1954.
- DUBREUIL (G.). — *Embryologie humaine*, Paris, Vigot Frères, 1947.
- DUBREUIL (G.) et BAUDRIMONT (A.). — *Manuel théorique et pratique d'histologie* ; 5^e édition, Paris, Vigot Frères, 1959.
- DUVAL (M.). — *Atlas d'embryologie* ; Paris, Masson, 1888.
- FIELD (E.). — The early development of the sheep heart ; *Journ. of Anat.* 1946 : 80, 75.
- GENY (A.-C.). — Contribution à l'étude des anomalies cardiaques ; *Th. Méd. Vét. Lyon*, 1926.
- GIROUD et LELIÈVRE. — *Eléments d'embryologie* ; Paris, Vigot Frères, 1939.
- GOUBAUX (M.-A.). — Etudes sur le trou de Botal et le canal artériel chez les animaux domestiques. *Journal de l'Anatomie et de la Physiologie normales et pathologiques de l'homme et des animaux*, Paris, 1875, 500.
- GRASSE (P.-P.) et coll. — *Traité de zoologie* ; tome XII, Paris, Masson, 1954.
- HERTWIG (O.). — *Traité d'embryologie ou Histoire du développement de l'homme et des vertébrés* ; 2^e édition française par JULIN (C.), Paris, Schleicher, 1900.
- HOFFMANN (V.). — Die Blutgefäßversorgung der Pferdeherzens ; *Th. Méd. Vét. Giessen*, 1960.
- KLOPINE (N.-G.) et TCHISTOVA (N.-M.). — Développement et reproduction de l'endothélium des vaisseaux sanguins dans les cultures de tissus ; *Doklady Akademii Nauk SSSR*, 1957, 114, 425.
- KRAMER (T.-C.). — The partitioning of the truncus and the conus and the formation of the membranous portion of the ventricular septum in the human heart ; *The Am. J. Anat.*, 1942, 71.
- LESBRE (F.-X.). — *Anatomie comparée des animaux domestiques* ; tome 2, Paris, Baillière et Fils, 1923.

- MAHAFFEY (L.). — Fenestration of the aortic and pulmonary semi-lunar valves in the horse ; *The Vet. Rec.*, 1958, 75, 415.
- MARTIN (Von Prof. P.). — Ein Pferdeei vom 21 Tage ; *Schweizer archiv für Thierheilkunde*, Zürich 1890, 32, 101.
- MEYLING (H.-A.) and BORG (T.-H.). — The conducting system of the heart in hoofed animals ; *The Cornell Veterinarian*, 1957, 47, 419.
- OTTAWAY (C.-W.). — The anatomical closure of the foramen ovale in the equine and bovine heart : a comparative study with observations on the foetal and adult states. *The Vet. Journ.*, 1944, 100, 111.
- ORTS-LLORCA (F.). — Les facteurs déterminants de la morphogenèse et de la différenciation cardiaque. *Bull. Ass. Anat.* sept. 1964, 122 b, 1. Rapport présenté à la 49^e réunion de l'Association des Anatomistes, Madrid 6-11 septembre 1964.
- OVER-KLASS. — Untersuchungen über die fötale circulation ; *Th. Méd. Vét.* Berne 1904.
- PATTEN (B.-M.). — The closure of the foramen ovale. *Am. J. Anat.* 1938, 48, 19.
- PATTEN (B.-M.). — Early embryology of the chick ; *The Blakiston company*, Philadelphia, 1951.
- PATTEN (B.-M.). — Embryology of the pig ; *The Blakiston company*, Philadelphia, 1948.
- POIRIER (P.) et CHARPY (A.). — *Traité d'anatomie humaine* ; tome I, Notions d'embryologie ; tome II : Angéiologie, Paris, Masson, 1911.
- POLICARD (A.) et BAUD (C.-A.). — Les structures inframicroscopiques normales et pathologiques des cellules et tissus. Paris, Masson, 1958.
- RODRÍGUEZ LÓPEZ (M. de la O.). — Contribución al estudio del desarrollo de los tabicamientos cardiacos ; *Medicina Clínica*, 1960 : 35, 292.
- SHANER (R.-F.). — Abnormal pulmonary and aortic semilunar valves in embryos ; *The Anat. Rec.* : 1963, 147, 5.
- STEPHAN (F.). — Contribution expérimentale à l'étude du développement du système circulatoire chez l'embryon de poulet ; *Bull. Biol. France et Belgique*, 1952, 86, 217.

- STEPHAN (F.). — Morphologie générale du système circulatoire ;
in Traité de zoologie, publié sous la direction de
GRASSE (P.-P.), tome XI, 883, Paris, Masson, 1954.
- TESTUT (L.) et LATARJET (A.). — *Traité d'anatomie humaine* ;
tome II, Angéiologie ; tome IV : Embryologie, Paris,
Doin, 1948.
- TOURNEUX. — *Précis d'embryologie humaine* ; 2^e édition,
Paris, Doin, 1909.
- VAKAET (L.), POPPELIER (G.) et VERMEIRE (P.). — Sur un cas
d'anomalie combinée de la veine cave supérieure et
du système azygos ; *Acta Anat.* 1958 : 32, suppl. 30,
235.
- VERNALL (D.-G.). — The human embryonic heart in the seventh
week ; *Am. J. Anat.* 1962 : 111, 17
- VIALLETON (L.). — *Eléments de morphologie des vertébrés* ;
Paris, Doin, 1911.
- VITUMS (A.). — The development of the aortic arches in the
horse ; *The Am. J. of Vet. Research*, 1951 : 12, 26.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	9
CHAPITRE PREMIER. — L'organogénèse du cœur des mam- mifères	11
A) Mise en place des ébauches de l'appareil vasculaire	11
B) Individualisation du tube cardiaque	11
C) Modelage et localisation cardiaque	12
D) Concentration du cœur	15
E) Cloisonnement du cœur et spécialisation des arcs aortiques	16
CHAPITRE DEUXIÈME. — Matériel et Technique	19
A) Liste des embryons et fœtus étudiés	20
B) Technique	22
CHAPITRE TROISIÈME. — Observations	23
CHAPITRE QUATRIÈME. — Synthèse	47
I. — Les caractères généraux du cœur	47
II. — L'évolution du sinus veineux	48
III. — L'évolution des veines pulmonaires	48
IV. — Le foramen ovale	49
V. — L'évolution générale au cours de la vie intra- utérine	50
VI. — L'évolution post-natale	50
CONCLUSIONS	51
BIBLIOGRAPHIE	53

